



KAAPELI-TV-VERKON VALVONTA JA RAPORTOINTI

Teemu Kolehmainen

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013
Tietojenkäsittely
Tietoverkkotekniikka

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tietojenkäsittely
Tietoverkkotekniikka

KOLEHMAINEN, TEEMU:
Kaapeli-TV-verkon valvonta ja raportointi

Opinnäytetyö 37 sivua
Toukokuu 2013

Tämän opinnäytetyön aiheena on kaapeli-tv-verkon valvonnan ja raportoinnin toteuttaminen toimeksiantajan palveluverkkoon. Toimeksiantajana työlle toimii Tampereen Puhelin Oy. Tampereen Puhelin on osa suomalaista Finnet-liittoa, joka koostuu paikallisista ICT-yhtiöistä. Paikallisena yhtiönä Tampereen Puhelin tarjoaa Pirkanmaalla pääasiassa laajakaista- ja matkaviestintäpalveluita kuluttaja- ja yritysasiakkaille. Kaapelitelevisiopalvelu on lisäpalvelu taloyhtiöasiakkaille tarjottavassa Talo Kuitu -palvelussa, jossa jokainen taloyhtiön huoneisto kytketään osaksi Tampereen Puhelimen palveluverkkoa.

Työn tavoitteena on toimeksiantajan kaapeli-tv-palvelun kehittäminen. Kaapeli-tv-verkon valvonta otetaan käyttöön siksi, että pystytään varmistumaan viestintäviraston määrittelemän vaatimustason täyttymisestä. Valvonnan avulla kerätyistä tiedoista luodaan raportti viestintävirastolle toimitettavaksi. Valvonnan avulla myös mahdollisista ongelmatilanteista selvitetään tehokkaamin, koska vika pystytään paikallistamaan nopeammin.

Valvonta toteutettiin keskitetyllä Bridgetech -valvontajärjestelmällä. Valvontajärjestelmän keskipisteenä toimii kaapeli-tv-signaalin toimittajalla sijaitseva ohjelmisto, joka kerää hajautetusti eri operaattoriasiakkaille asennettujen valvontalaitteiden keräämät tiedot yhteen tietokantaan. Järjestelmän avulla voidaan monitoroida syvällisesti kaapeli-tv-jakeluverkkoon lähetettävää datavirtaa ja muodostaa monitoroinnilla kerätyistä arvoista raportti.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Business Information Systems
Option of Data Network Services

KOLEHMAINEN, TEEMU:
Monitoring and Reporting of Cable-TV Network

Bachelor's thesis 37 pages
May 2013

This Bachelor's thesis is about monitoring and reporting of cable-TV network. The thesis was made as an assignment for a local internet service provider Tampereen Puhelin Oy. Tampereen Puhelin is part of domestic Finnet-group, which is formed by local ICT-companies. Tampereen Puhelin offers mainly broadband and mobile services for its customers. Cable-TV service is part of Fiber to the Building service offered to housing companies.

The purpose of this thesis is to improve client company's cable-TV network. Monitoring is needed because Finnish Communications Regulatory Authority has defined service-level agreement for cable-TV services. Monitoring will gather information about the cable-TV transport stream and form a report for Finnish Communications Regulatory Authority. Monitoring will also increase problem solving efficiency as the problems can be located much faster.

Monitoring was implemented with Bridgetech -monitoring system. The system core is server software located at cable-TV signal provider, which gathers information from scattered probes installed in the service provider networks. The probes run deep analysis of the transport stream sent in cable-TV distribution network. The server software creates report from gathered information.

Key words: cable-TV, monitoring, reporting

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	KAAPELITELEVISIO	7
2.1	Kaapelitelevisio yleisesti	7
2.2	Kaapelitelevisioverkon rakenne.....	7
2.2.1	Saapuvat tv-lähetykset	8
2.2.2	Päävahvistin	9
2.3	Signaalin rakenne.....	10
2.3.1	MPEG2.....	10
2.3.2	QAM modulointi.....	12
2.3.3	Multipleksointi	13
3	VALVONNAN PERIAATTEET	14
3.1	Prioriteetti 1	14
3.2	Prioriteetti 2	16
3.3	Prioriteetti 3	18
3.4	SI-Taulukoiden interval-tarkistukset	19
4	BRIDGETECH JÄRJESTELMÄN KUVAUS	20
5	VALVONNAN TOTEUTUS.....	22
5.1	Laitteen asennus päävahvistimeen.....	22
5.2	Perusasetusten ohjelmointi ja käyttöliittymä	23
5.3	Valvottavien kanavanippujen lisääminen	24
5.3.1	Must Carry -kanavat.....	24
5.3.2	Round-robin valvottavat kanavat	26
5.3.3	DVB-T referenssi	26
5.4	ETR -analyysi	27
5.5	Raja-arvojen muokkaaminen	29
5.6	Raportointi	32
6	POHDINTA.....	35
	LÄHTEET.....	36

ERITYISSANASTO

DVB	Digital Video Broadcasting Project. DVB:n laatimat avoimet standardit määrittelevät digitaalisen videonsiirron euroopassa.
DVB-C	Digital Video Broadcasting -Cable. Kaapelitelevision siirtotavan määrittelevä standardi.
DVB-T	Digital Video Broadcasting -Terrestrial. Antennitelevision siirtotavan määrittelevä standardi.
Headend	Headend eli päävahvistin on kaapeli-tv-verkon keskus, josta lähetykset toimitetaan asiakkaille.
Kanavanippu	Kanavanippu eli multipleksi (mux). Kanavat toimitetaan asiakkaille kanavanipuissa. Kanavanippu sisältää useita tv-kanavia.
MPEG	MPEG eli Moving Pictures Experts Group laatii videon pakkaukseen käytettäviä standardeja.
MPEG2	MPEG2 -pakkausta käytetään digitaalisten televisiolähetysten pakkaamiseen.
MPEG-TS	MPEG TS eli MPEG-Transport Stream muodostuu verkossa liikkuvista MPEG-paketeista.
RU	RU eli Rack unit on mittayksikkö jolla ilmoitetaan laitteen viemä korkeus telineestä.
QAM	QAM eli Quadrature Amplitude Modulation on kaapeli-tv:ssä käytettävä signaalin modulointitekniikka.

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni aiheena on kaapelitelevisioverkon valvonta ja raportointi. Toimeksiantajana työleni toimii Tampereen Puhelin Oy. Tampereen Puhelin on osa suomalaista Finnet-liittoa, joka muodostuu paikallisista ICT-alan yhtiöistä. Olen työskennellyt yritykselle opintojeni ohessa vuoden 2011 lokakuusta lähtien kuluttaja-asentajana. Tampereen Puhelin tarjoaa asiakkailleen paikallisia laajakaista ja kaapelitelevisio -palveluita. Kaapelitelevision toimintaperiaate oli minulle entuudestaan vielä melko vieras, joten jouduin opettelemaan siihen liittyvät siirtotavat ja standardit, jotta ymmärtäisin mitä arvoja valvoa ja miksi. Työni raportissa käynkin aluksi läpi kaapelitelevision toimintaperiaatteen toimeksiantajan jakeluverkossa, ennen siirtymistä varsinaiseen valvonnan ja raportoinnin toteutukseen.

Tampereen Puhelimen tarjoama kaapelitelevisiopalvelu on lisäpalvelu osana taloyhtiöasiakkaille tarjottavaa Talo Kuitu -palvelua. Talo Kuitu on laajakaistaratkaisu, jossa taloyhtiön jokainen huoneisto kytketään osaksi Tampereen Puhelimen palveluverkkoa. Taloyhtiöön vietävä runkoyhteys toteutetaan valokuidulla. Valokuidulla rakennettu runkoverkko mahdollistaa nopeat laajakaistayhteydet, korkealaatuisen ja virheettömän kaapelitelevisiokuvan. (Tampereen Puhelin Oy 2013.)

Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää toimeksiantajan kaapelitelevisioverkkoa. Valvonta otetaan käyttöön siksi, että pystytään varmistumaan viestintäviraston määrittelemien vaatimustasojen täyttymisestä kaapelitelevisiopalvelussa, sekä mahdollisissa vikatilanteissa vian paikallistaminen ja korjaaminen helpottuu. Valvonnan avulla pystytään takaamaan asiakkaille jatkuva, korkealaatuinen ja huoleton kaapelitelevisionyhteys.

Opinnäytetyön tarkoituksena on toteuttaa kaapelitelevisioverkon keskitetty valvonta ja raportointi. Valvonta toteutetaan Bridge Technologies -nimisen yrityksen valmistamalla laitteella, joka sijoitetaan kaapelitelevisioverkon päävahvistimeen, ja ohjelmoidaan monitoroimaan televisiolähetyksen signaaliarvoja kanavakohtaisesti. Tärkeimpiä kanavia valvotaan yhtäjaksoisesti kellon ympäri. Loppuja kanavia käydään läpi kanavanippu kerrallaan tietyn väliajoin. Laitteen keräämistä tiedoista muodostetaan raportti, josta käy ilmi mahdolliset lähetyksissä ilmaantuvat ongelmat eri tärkeysasteittain.

2 KAAPELITELEVISIO

2.1 Kaapelitelevisio yleisesti

Televisiolähetystyksiä voi vastaanottaa kahdella tapaa: radioteitse tai kaapelia pitkin. Kaapelitelevisiolla tarkoitetaan jälkimmäistä vaihtoehtoa, jossa lähetysten signaali toimitetaan digitaaliseen vastaanottimeen kaapelia pitkin. Vuoden 2012 lopussa suomessa oli 1 435 000 kaapelitelevisioliittymää (Viestintävirasto 2013a). Tämä tarkoittaa sitä, että yli puolet suomen tv-talouksista ottaa televisio signaalin vastaan kaapeli-tv-verkon kautta. Kaapelitelevision suurin etu perinteiseen antennitelevision verrattuna on sen vaivattomuus. Kaapeli-tv pystyy tuottamaan korkealaatuista ja sulavaa kuvaa ilman huolta esimerkiksi siitä, että kova tuuli muuttaisi antennin asentoa. (Anvia 2013.)

2.2 Kaapelitelevisionverkon rakenne

Tampereen Puhelin vastaanottaa tv-lähetystyksiä kahdelta eri palveluntarjoajalta. Super Head End Finland Oy toimittaa kaikki kaapelitelevision näkyvät kanavat, mutta paikallisen tv-sisällön näkymisen vuoksi, osa kanavista vastaanotetaan Digita Oy:ltä teiskossa sijaitsevan yleisradiomaston kautta. Tuleva signaali otetaan vastaan päävahvistimeen (headend), joka on joukko erinäisiä laitteita tarkoituksenaan muokata signaali sopivaksi jakeluverkkoon. Päävahvistimessa signaali aluksi ohjataan multiplekseriin, joka muodostaa kanavista kanavaniput. Multipleksionnin jälkeen signaali moduloidaan valokuituverkkoon siirrettäväksi ja toimitetaan taloyhtiöasiakkaille valokuitua pitkin tarvittaessa yhden tai useamman vahvistimen kautta, jotta signaali olisi asiakaspäässä tarpeeksi vahva. Taloyhtiöissä signaali otetaan vastaan omaan kuitumuuntajaan, missä se vahvistetaan ja moduloidaan takaisin taloverkkoon sopivaksi.

2.2.1 Saapuvat tv-lähetykset

SHEF, eli Super Head End Finland Oy on televisiopalveluita tuottava ja niiden kehitykseen keskittyvä yritys. Operaattoriasiakkaille on saatavilla kaapelitelevisiopalvelu, joka koostuu yli 160 kanavasta. (Shef 2013.) Tampereen Puhelimelle toimitettava palvelu kantaa nimeä Lumotv. Peruspalveluna Lumotv:ssä asiakkaille näkyy 20 kanavaa:

- YLE TV1
- YLE TV2
- MTV3
- Nelonen
- YLE FEM
- Sub
- YLE Teema
- LIV
- TV5
- Kutonen
- JIM
- FOX
- FOX HD
- Yle HD
- Taivas TV7
- AVA
- Deutsche Welle
- TV5 Monde
- Music Television Finland
- Harju ja Pöntinen

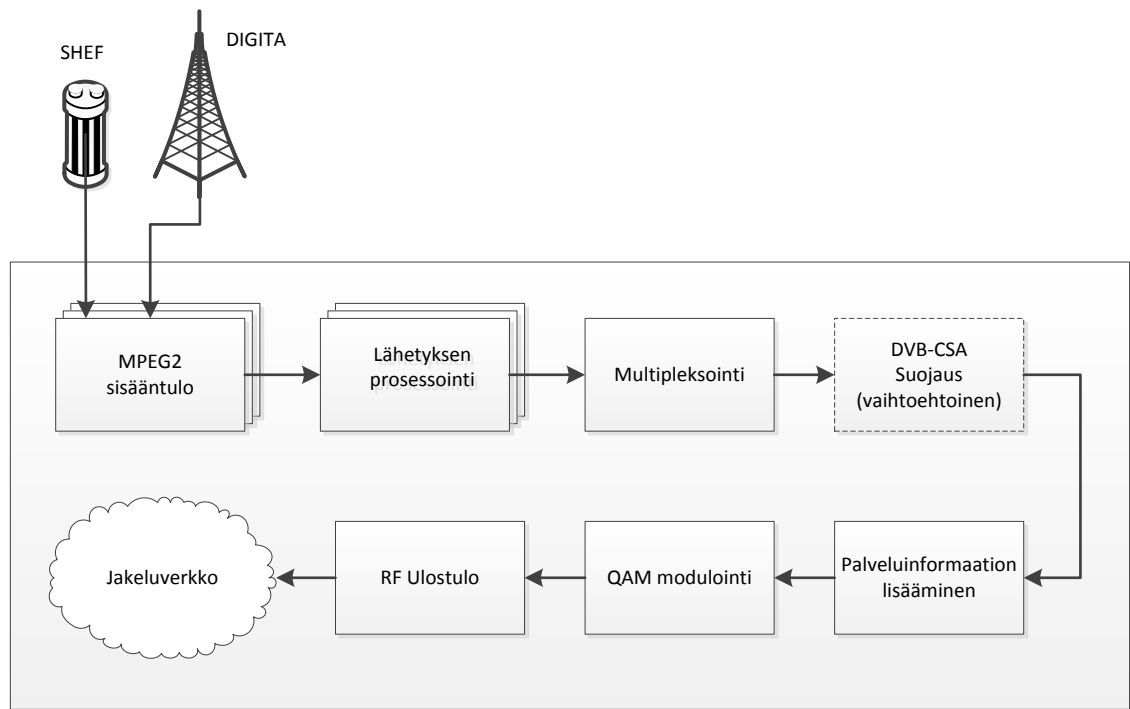
Lisäksi saatavilla on lukuisia eri maksukanavia joista tärkeimpinä mainittakoon MTV3, Nelonen, C-More ja Viasat paketit. Näiden kanavien näkymiseen tarvitaan maksukortti, joka liitetään digiboksiin tai suoraan televisioon. (Lumotv 2013.)

SHEF:ltä saapuva signaali on peräisin Pirkanmaan ulkopuolelta, joten paikallinen tv-sisältö ei näy oikein. Tämän vuoksi paikallista sisältöä lähettävät kanavat otetaan vastaan Digita Oy:ltä teiskon yleisradiomaston kautta. Television välityksellä tiedotetaan myös merkittävistä paikallisista onnettomuuksista ja vaaratilanteista, joten paikallisen sisällön näkyminen on tärkeää.

Viestintävirasto on määritellyt joukon kanavia joista käytetään termiä Must Carry -kanavat. Termi tarkoittaa sitä, että kaapeli-tv palveluntarjoalla on näille kanaville siirtovelvollisuus. Siirtovelote perustuu viestintämarkkinalain 134 §:ään. Must Carry -kanavat ovat Yleisradio Oy:n ilmaiseksi kaikille saatavilla olevat YLE TV1, YLE TV2, YLE HD, YLE Fem ja YLE Teema, sekä yleisen edun mukaiset valtakunnallisen ohjelmistoluvan nojalla lähetettävät televisio-ohjelmistot MTV3, Nelonen ja FOX. (Viestintävirasto 2013b.)

2.2.2 Päävahvistin

Toimeksiantajan kaapelitelevisioverkon päävahvistimen selkärankana toimii kaksi Telecten valmistamaa Luminato -headend laitetta. Luminato on ”headend in 1RU” -alusta, eli siinä yhdistyy kaikki päävahvistimelta vaadittavat ominaisuudet vain yhdessä laitteessa. Luminatoihin ohjataan sekä SHEF:ltä, että Digitalta saatu signaali. Luminatojen tehtävänä on muodostaa kanavista kanavaniput ja moduloida signaali uudestaan jakeluverkkoon sopivaksi. Kuviossa 1 kuvataan päävahvistimessa tapahtuva signaalin prosessointi ennen jakeluverkkoon lähettämistä.



KUVIO 1: Päävahvistimen prosessi.

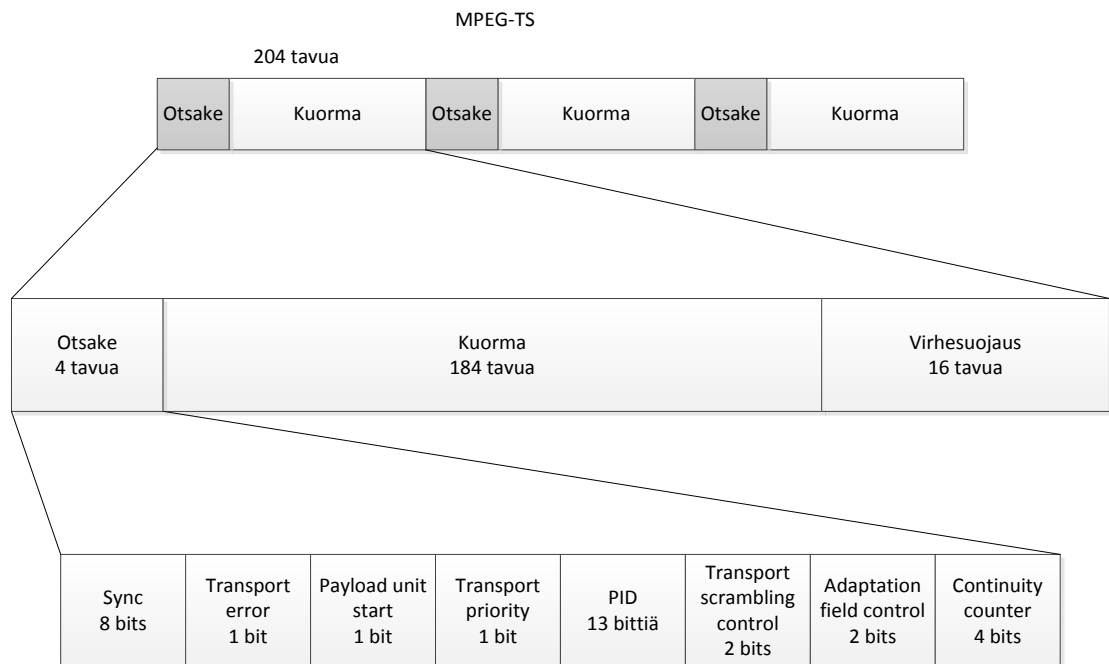
2.3 Signaalin rakenne

Euroopassa digitaalisen televisiolähetysten siirtotavan määrittelee joukko avoimia DVB (Digital Video Broadcasting) -standardeja. Standardejen kehittämisestä vastaa joukko it-alan yrityksiä yli 35 maassa nimeltä Digital Video Broadcasting Project. Standardit ovat ETSI:n (European Telecommunications Standards Institute) hyväksymiä ja julkaisemia. Kaapelitelevisiossa käytettävä standardi on nimeltään DVB-C (Cable). Standardi määrittelee lähetettävän kuvan, äänen ja datan kehysrakenteen, pakkauksen ja moduloinnin. (DVB 2013.)

2.3.1 MPEG2

DVB-C standardissa tieto siirretään MPEG-paketteina. MPEG (Moving Picture Experts Group) on kehittänyt MPEG2-standardin, jota käytetään laajasti kuvan, äänen ja muun oheistiedon pakkaamiseen. Alkuperäisellä laadulla lähetettävä ohjelma vaatisi todella suuren siirtonopeuden. MPEG2-pakkauksella, lähetys käsitellään niin, että datasta käytään läpi samankaltaisuuksia ja turha data poistetaan.

MPEG-pakettien muodostamasta datavirrasta käytetään termiä MPEG-TS (Transport Stream). Yksi paketti koostuu 188 tavusta, joista yksi tavu on varattu synkronisoinnille. Varsinaiselle datakuormalle jää siis 187 tavua käytettäväksi. Lisäksi paketti virhesuojaan, mikä kasvattaa paketin kokoa entisestään, mutta ei kasvata kuormalle sallittua tavumäärää. Kuviossa 2 esitettynä MPEG-datavirta ja paketin kehysrakenne. (ETSI 2012a.)



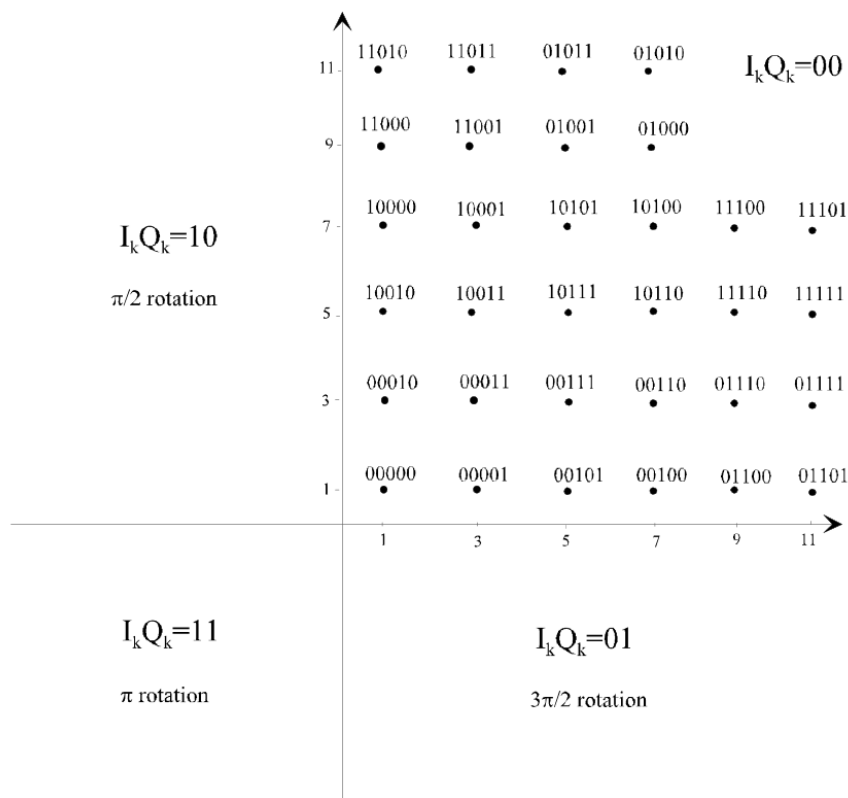
KUVIO 2: MPEG-TS

Jokainen paketti saa 13 bittiä pitkän pakettikohtaisen ID:n (PID). PID osoittaa mihin ohjelmaan tai palveluun kyseinen paketti kuuluu. PID voi saada arvon väliltä 0 (0x0) - 8191 (0x1FFF). Osa PID:stä on varattu erityisesti tiettyille MPEG-TS metadataa sisältäville paketeille. (ETSI 2012b.)

Kuva- ja äänidatan lisäksi, on tarpeellista välittää myös paljon muuta tietoa. Näistä tiedoista käytetään termiä palveluinformaatio (Service Information, usein lyhennettynä SI). Palveluinformaatiopaketit ovat MPEG-TS metadataa, jotka pääasiassa lähetetään taulukkoina. Taulukot pitävät muun muassa sisällään tiedon siitä, mitä kanavia datavirta sisältää ja millä paketti-ID:llä ne löytyvät. (ETSI 2012b.)

2.3.2 QAM modulointi

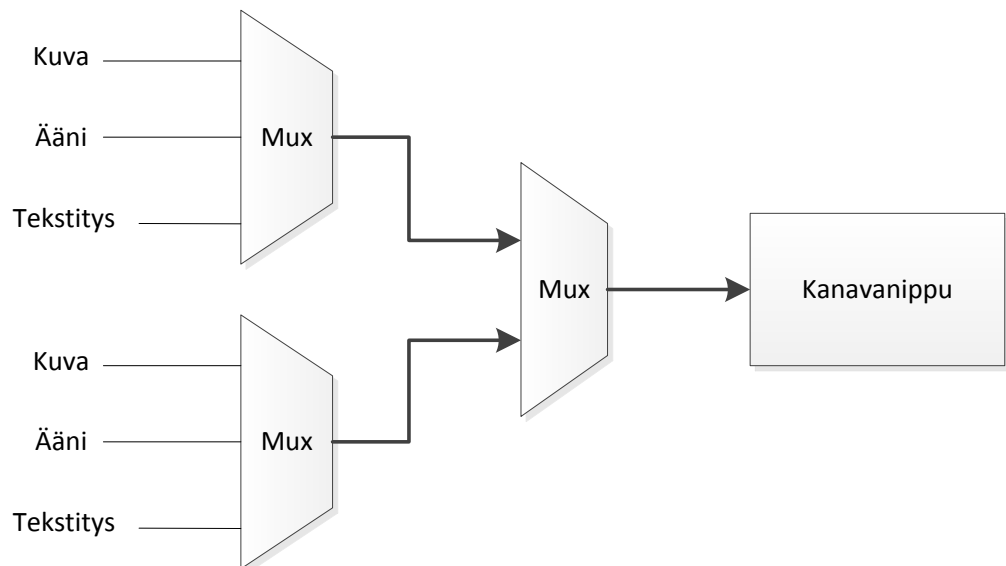
Kaapelitelevisiossa käytetty modulointitekniikka on nimeltään Quadrature Amplitude Modulation (QAM). QAM-modulaatio yhdistelee vaihe- ja amplitudemodulaatiota. Siitä on käytettävissä viisi erilaista variaatiota: 16-QAM, 32-QAM, 64-QAM, 128-QAM ja 256-QAM. Tampereen Puhelimen jakeluverkossa käytössä on vain 128-QAM ja 256-QAM modulaatioita. Valittava modulaatio riippuu siitä, kuinka suuren kaistanleveyden siirrettävä kanavanippu vaatii. Modulaation nimen edessä oleva luku ilmaisee, kuinka monta symbolia se sisältää. 128-QAM modulaatiossa yksi symboli on 7 bittiä (Kuva 1) ja 256-QAM modulaatiossa 8 bittiä. Signaali lähetetään tietyllä symbolinopeudella, eli kuinka monta symbolia käydään läpi per sekunti. Tampereen Puhelimella kaikissa kanavanipuissa symbolinopeus on 6875 baudia. Näin ollen saavutettu kaistanleveys on symbolinopeus kerrottuna modulaation symbolin bittien määrällä, eli 128-QAM modulaatiolla saavutetaan 48,13Mbps kaistanleveys ja 256-QAM modulaatiolla 55Mbps.



KUVA 1: 128-QAM modulaation konstellaatio. $I_k Q_k$ on kaksi merkitsevintä bittiä. (ET-SI 2004.)

2.3.3 Multipleksointi

Digitaalisessa videon siirrossa multipleksoinnilla voidaan niputtaa useampi lähetys yhdelle kanta-aallolle, eli muodostaa niin sanottu kanavanippu (Kuvio 3). Kanavanippu sisältää kaikkien siinä lähetettävien ohjelmien kuvan, äänen ja muun datan, kuten esimerkiksi tekstityksen. Lähetys multipleksoidaan päävahvistimessa ja asiakaspäässä digivastaanotin purkaa kanavanipun. Kanavanippuun mahtuvien kanavien määrä, riippuu niiden viemästä siirtonopeudesta. Tavalliset tv-lähetykset vaativat noin 2-5Mbps siirtonopeuden, mutta HD-tasoiset lähetykset vaativat jopa noin 8-15Mbps. Tampereen Puhelimen jakeluverkossa on 25 kanavanippua. Esimerkiksi kanavanippu 1 löytyy taajuudelta 234Mhz, käyttäen 128-QAM modulaatiota 6875 baudin symbolinopeudella, sisältäen yhdeksän tv-kanavaa ja kolme radiokanavaa.



KUVIO 3: Multipleksointi.

3 VALVONNAN PERIAATTEET

ETSI on antanut ohjeistuksen DVB-järjestelmien valvontaan. ETSI TR 101 290 ei ole varsinainen standardi, vaan ”TR” viittaa sanoihin Technical Report. Raportti sisältää ohjeistuksen siitä, mitä arvoja on hyödyllistä valvoa, mutta jättää kuitenkin soveltamisen varaa, koska alkuperäiset raja-arvot voivat joissakin tapauksissa tuottaa turhia hälytyksiä. Raportissa valvottavat piirteet on jaettu kolmeen eri tärkeysasteeseen. Tärkeysasteet erottuvat toisistaan sillä, kuinka merkittävän ongelman virhe valvottavassa kohteessa voi järjestelmälle aiheuttaa. (ETSI 2005.)

3.1 Prioriteetti 1

Korkeimman tärkeysasteen valvottavat arvot ilmoittavat vakavasta virheestä, eikä digivastaanotin pysty näyttämään ohjelmaa oikein jos vakavia virheitä ilmenee. Ensimmäiseen tärkeysasteeseen kuuluu kuusi valvottavaa kohdetta.

TS Sync

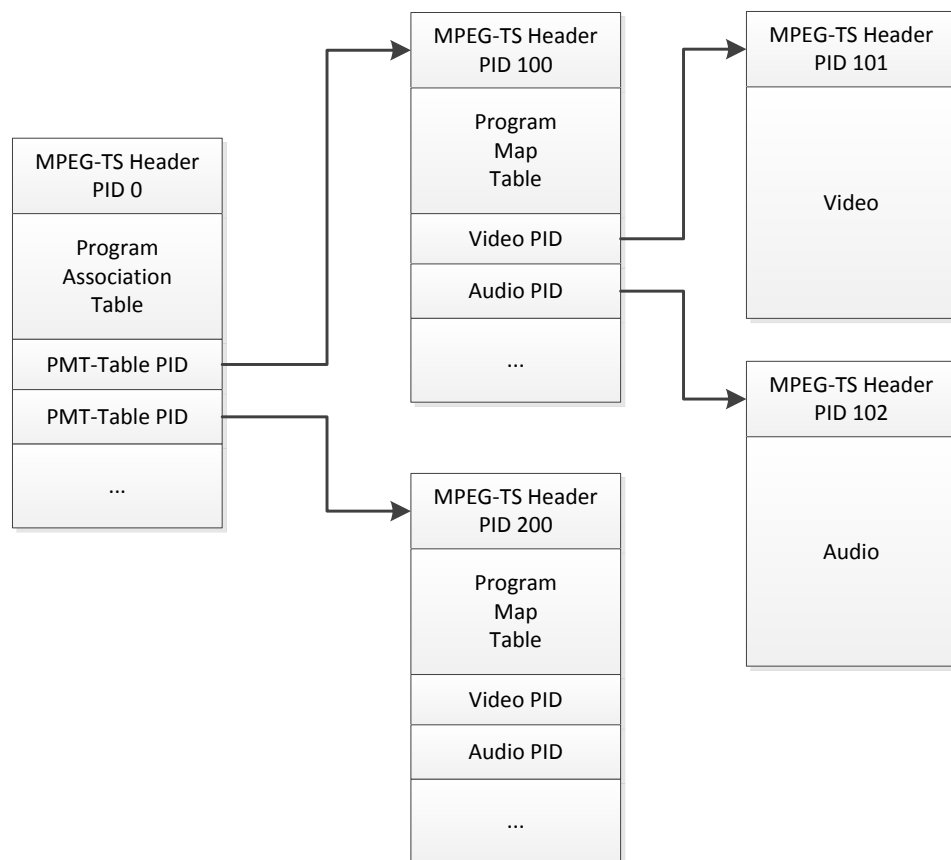
On tärkein kaikista monitoroitavista arvoista. Ilmoittaa pystytäänkö sisään tuleva signaali vastaanottamaan. Virhe tällä parametrilla viestii vakavasta, yleensä fyysisestä ongelmasta, joka voi esimerkiksi olla virhe päävahvistimessa, rikkonainen kaapeli tai väärä kytkentä. Jos TS sync testi ei mene läpi, ei luonnollisesti muita parametreja voida mitata.

Sync Byte

Jokaisen vastaan otetun paketin tulisi alkaa synkronisointitavulla. Jos paketti otetaan vastaan virheellisellä synkronisointitavulla, se aiheuttaa hälytyksen. Usea peräkkäinen synkronisointitavuvirhe voi aiheuttaa datavirran hukkaamisen. Paketti väärällä synkronisointitavulla tulisi jättää huomioimatta, koska sen sisältöä ei voida enää pitää luotettavana.

PAT

PAT (Program Association Table) -taulukko on kaikista palveluinformaatiotaulukoista tärkein. Se kertoo, mitä ohjelmia datavirta sisältää ja osoittaa PMT (Program Map Table) -taulukoihin, jotka puolestaan osoittavat ohjelman muodostamaan kuvaan, ääneen ja muuhun dataan. Jos PAT-taulukkoa ei pystytä lukemaan, ohjelmaa ei pystytä dekoodaamaan. PAT-taulukko saa aina PID:n 0. Kuvio 4 havainnollistaa PAT- ja PMT-taulukoiden suhteen.



KUVIO 4: PAT- ja PMT-taulukoiden suhde.

Continuity

Jokaisessa MPEG-datavirran paketin otsakkeessa on continuity_counter kenttä. Continuity_counter on neljä bittiä pitkä tasaluvun sisältävä kenttä. Arvoa päivitetään nostamalla sen arvoa yhdellä aina kun paketti käsitellään. Kentän avulla pystytään varmistamaan datavirran oikeanlaisesta jatkuvuudesta. Virhe datavirran jatkuvuudessa on merkki siitä, että datavirrassa ilmenee puuttuvia paketteja, useita versioita samasta paketista tai signaali on heikko.

PMT

PAT-taulukko ohjaa kunkin kanavan PMT-taulukkoon. PMT-taulukko kertoo mitkä paketit datavirrasta muodostavat ohjelman kuvan, äänen ja muun datan. Jos PMT-taulukkoa ei pystytä lukemaan, digivastaanotin ei pysty yhdistämään ohjelman eri osia ja sen näyttäminen oikein on mahdotonta.

PID

Tarkistaa, että jokainen datavirrassa esiintyvä PID pitää sisällään dataa. Ongelmaksi PID monitoroinnin kohdalla muodostuu esimerkiksi tekstitys. Usein ohjelma pitää sisällään tekstitys-PID:n, mutta se ei välttämättä sisällä dataa, koska suomenkielisiä lähetyksiä ei ole tarvetta tekstittää. Raportissa määritellään kahden peräkkäisen samalla PID:llä lähetettävän paketin väliseksi enimmäisajaksi viisi sekuntia. Tämäkin voi tuottaa ongelmia erityisesti tekstitystä tai ääntä lähetettäessä, koska joskus viiden sekunnin raja-arvo voi ylittyä.

3.2 Prioriteetti 2

Toisella tärkeysasteella valvottavat piirteet eivät välttämättä aiheuta vakavaa virhettä ohjelman kannalta. Valvottavia kohteita on yhteensä kuusi.

Transport

MPEG-TS-paketin otsake sisältää transport_error kentän. Kenttä on tyypiltään boolean, eli saa joko arvon nolla tai yksi. Jos kenttä on aktiivinen, kyseessä oleva paketti sisältää vakavan virheen. Tällaiset paketit tulee jättää huomioimatta, koska niiden sisältöön ei voida enää luottaa. Transport_error kenttä päivitetään päävahvistimessa jos tarpeellista. Kentän aktivoinnin voi aiheuttaa esimerkiksi päävahvistimeen tulevan signaalin suuri bittivirhe määrä.

CRC

CRC (Cyclic Redundancy Checksum) -testi käy läpi kaikki palveluinformaatiotaulukot. Testi antaa virheilmoituksen jos se havaitsee, että joku taulukoista on korruptoitunut.

PCR

PCR (Program Clock Reference) -testi tarkistaa, että PCR vastaanotetaan säännöllisesti. PCR:n avulla pystytään takaamaan pakettien oikea kanavanipuista purkaminen ja että ääni vastaa kuvaa. PCR tulisi pystyä vastaanottamaan vähintään 40 millisekunnin väliajoin. Jos väliaika kasvaa liian suureksi, vois se pahimmillaan aiheuttaa digivastaanottimen tippumisen taajuudelta. PCR:stä tarkistetaan myös sisältö. Sisältö saisi muuttua enintään 100 millisekuntia edellisestä arvosta. PCR-mittauksia ei voida soveltaa VBR (Variable Bitrate) -tekniikkaa käyttäviin verkkoihin. SHEF käyttää lähetyksissään VBR-tekniikkaa, mutta päävahvistimessa datavirta täytetään MPEG-TS null paketeilla, jolloin PCR-mittaukset onnistuvat paremmin. Todellisuudessa kuitenkin PCR-arvot ovat todella dynaamisia ja voivat vaihdella hetkellisesti reilustikin yli raportissa määriteltyjen raja-arvojen.

PCR Accuracy

Toinen PCR:lle tehtävä tarkistus mittaa sen tarkkuutta. PCR:ssä voi ilmetä värinää, mikä saisi olla enintään 500 nanosekuntia. PCR-mittauksista erityisesti värinä heittelee rajusti ja sille määritelty 500 nanosekunnin raja-arvo on todella tiukka.

PTS

PTS (Presentation Time Stamp) -arvo kertoo digivastaanottimelle milloin kuva, ääni tai tekstitys tulee näyttää. Digivastaanottimen tulisi vastaanottaa PTS vähintään 700 millisekunnin välein. PTS pystytään kuitenkin tarkistamaan vain jos datavirtaa ei ole suojattu. Toisin sanoen tätä tarkistusta ei voida suorittaa maksukanaville.

CAT

CAT (Conditional Access Table) -taulukon tarkoitus on määritellä datavirrasta salatut kanavat. CAT-taulukko sallii digivastaanottimen ottaa vastaan EMM (Entitlement Management Message) -viestejä, joiden avulla se pystyy purkamaan kanavan salauksen. EMM-viestit ovat maksukorttikohtaisia. Jos CAT-taulukkoa ei löydy, digivastaanotin ei pysty vastaanottamaan EMM-viestejä.

3.3 Prioriteetti 3

Kolmannella tärkeystasteella valvottavat arvot ovat palvelukohtaiseen valvontaan. Valvottavia arvoja on yhteensä seitsemän, mutta tästä luettelosta on jätetty pois RST (Running Status Table) -mittaus, koska sitä ei käytetä.

NIT

NIT (Network Information Table) -listaa kaikki kanavanipussa lähetettävät taajuudet, mikä auttaa digivastaanotinta löytämään kanavat. NIT-taulukko saa aina PID:n 16. Testi tarkistaa, että taulukko saa oikean PID:n ja pystytäänkö se vastaanottamaan.

SI Rep Rate

Tarkistaa palveluinformaation jatkuvuuden. Summaa kaikista palveluinformaatiaulukkoista kerätyt jatkuvuustiedot. Jos jossakin taulukossa ilmenee jatkuvuus virhe, siitä tulee hälytys taulukon omaan valvontaan, sekä yleinen palveluinformaation jatkuvuus hälytys.

Unref PID

Testi käy läpi kaikki datavirrassa esiintyvät PID:t ja vertaa löytyvätkö ne PAT-, CAT-, tai PMT-taulukkoista. Jos testi ei pysty vertaamaan jotain PID:tä mihinkään taulukkoon, se aiheuttaa hälytyksen PID:stä johon ei löydy viittausta.

SDT

SDT (Service Description Table) -taulukko listaa kaikki saatavilla olevat palvelut. SDT-taulukko lähetetään aina PID:llä 17. Ilman SDT-taulukkoa digivastaanotin ei pysty näyttämään listaa saatavilla olevista palveluista. SDT-testi tarkistaa että taulukko on saatavilla PID:llä 17. SDT-taulukkoa voidaan myös verrata PAT-taulukkoon ja tarkistaa, että kaikki PAT-taulukosta löytyvät palvelut löytyvät myös SDT-taulukosta. Tämä testi ei kuitenkaan ole pakollinen.

EIT

EIT (Event Information Table) -taulukko kertoo mikä ohjelma näytetään tällä hetkellä ja mitä on seuraavaksi tulossa. EIT-taulukko muodostaa siis ohjelmaoppaan, jonka avulla käyttäjä pystyy tarkastelemaan mitä ohjelmaa kukin kanava lähettää ja mitä on tulevaisuudessa tulossa. Vaikka EIT-taulukko voi pitää sisällään tiedon useamman päivän ajalta, testi tarkistaa vain, että nyt näytettävä ja seuraavaksi tuleva ohjelma löytyy. EIT-taulukon tulisi aina saada PID 18.

TDT

TDT (Time Date Table) -taulukko pitää sisällään UTC (Universal Time Coordinated) aika- ja päivämäärätiedon. Lisäksi toimeksiantaja käyttää TOT (Time Offset Table) -taulukkoa, jonka avulla voidaan aika- ja päivämäärätieto muuntaa vastaamaan oikeaa aikavyöhykettä. Digivastaanottimen oman kellon ja TOT-taulukon avulla ohjelmaluettelosta pystyy näyttämään oikein ohjelmien aikataulun.

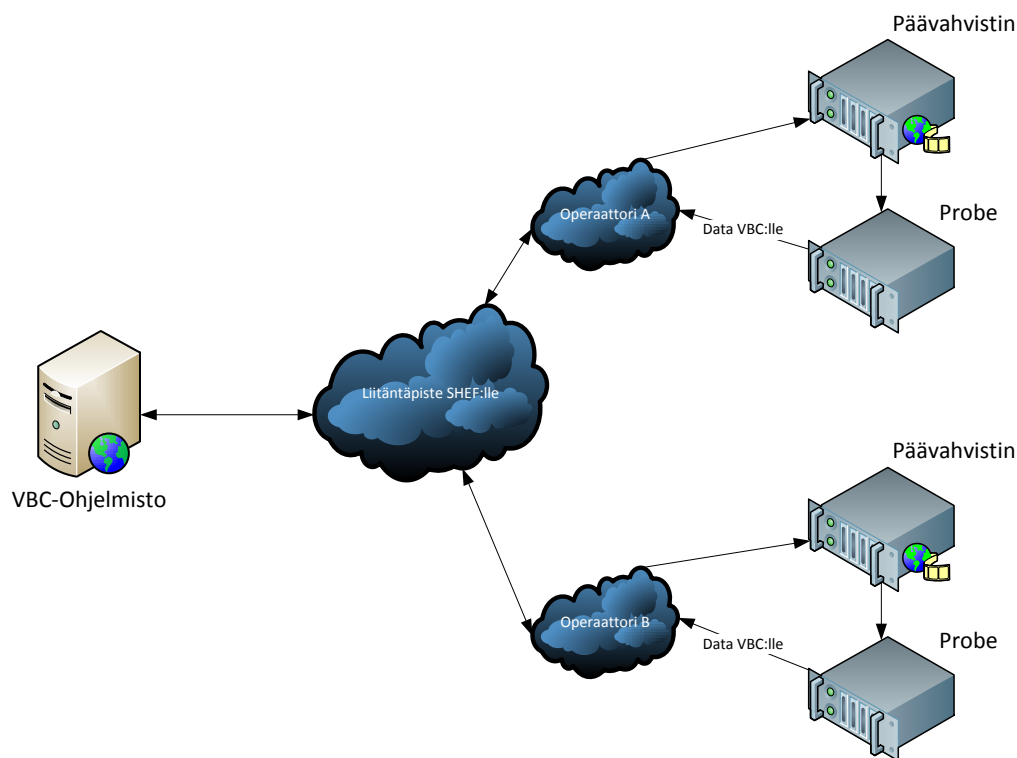
3.4 SI-Taulukoiden interval-tarkistukset

Jokaisen palveluinformaatiotaulukon tarkastukseen sisältyy edellämainittujen lisäksi jatkuvuuteen liittyviä testejä. Taulukot lähetetään osina. Jokaisella taulukolla on kenttä, joka ilmoittaa osan numeron (section_number) ja mikä on viimeisen osan numero (last_section_number). Taulukon ensimmäinen osa saa arvon nolla ja sitä kasvatetaan aina osan mukaan yhdellä kunnes saavutetaan viimeiseksi määriteltä osanumero. Taulukoiden jatkuvuus tarkistetaan mittaamalla aikaväli kahden viimeisen kokonaisen osion välillä. Raportti määrittelee aikaväliksi korkeintaan kaksi sekuntia, mutta ei kuitenkaan alle 25 millisekuntia, koska digivastaanotin ei välttämättä pysy liian nopean lähetystahdin mukana.

4 BRIDGETECH JÄRJESTELMÄN KUVAUS

Bridgetech laitteisto on suunniteltu televisio lähetyksen jakeluverkon keskitettyyn valvontaan ja raportointiin. Tässä tapauksessa valvonnan kohteena on toimeksiantajan kaapelitelevisioverkko.

Toimeksiantajan verkkoon sijoitettava valvontalaite on osa suurempaa kokonaisuutta. Bridgetech järjestelmän pääperiaatteena on, että keskitetty VBC (VideoBridge Controller) -ohjelmisto kerää hajautetusti asennettujen probejen tiedot yhteen tietokantaan ja muodostaa saamistaan tiedoista virheraportteja. Toimeksiantajan päävahvistimeen sijoitettava laite on yksi tällaisista probeista ja VBC-ohjelmisto sijaitsee SHEF:llä. Kuviossa 5 esitetty Bridgetech järjestelmän topologia.



KUVIO 5: Bridgetech järjestelmän topologia.

Probet asennetaan ”1RU” -alustaan, joka on varustettu kolmella slotilla (Kuva 3). Kolme vapaata slottia mahdollistaa erilaisten probe-yhdistelmien asentamisen riippuen operaattorin tarpeista. Probeja on kahdenlaisia: älyä sisältäviä toimintaa ohjaavia probeja ja tuner-probeja vastaanottamaan signaalia. Alustassa on oltava aina vähintään yksi älykäs

probe. Toimeksiantajalla älykkäänä probena toimii VB220. Lisäksi muihin vapaisiin slotteihin on asennettuna VB262 DVB-C ja VB252 DVB-T tuner-moduulit.



KUVA 3: VB220, VB262 ja VB252 probe kokoonpano.

VB220 proben tärkein ominaisuus on ETR-analyysi. ETR-analyysi pohjautuu suoraan ETSI TR 101 290:ssä annettuihin datavirran valvontaohjeisiin. ETR-analyysia voidaan suorittaa DVB-C ja DVB-T moduuleihin sisääntuleviin signaaleihin. Kussakin moduulissa on kaksi sisääntuloa. ETR-analyysia pyörittävä ETR-engine voi lukittautua vain yhdelle taajuudelle kerrallaan. Probe ohjelmoidaan niin, että toinen DVB-C tunerin sisääntuloista on lukkiutuneena kokoajan kanavanippuun joka pitää sisällään Must Carry -kanavat ja toisesta sisääntulosta käydään läpi loppuja kanavanippuja tietyin väliajoin. DVB-T moduuliin otetaan vastaan antennisignaali ennen päävahvistinta, jotta voidaan verrata signaaleja ennen ja jälkeen päävahvistinta.

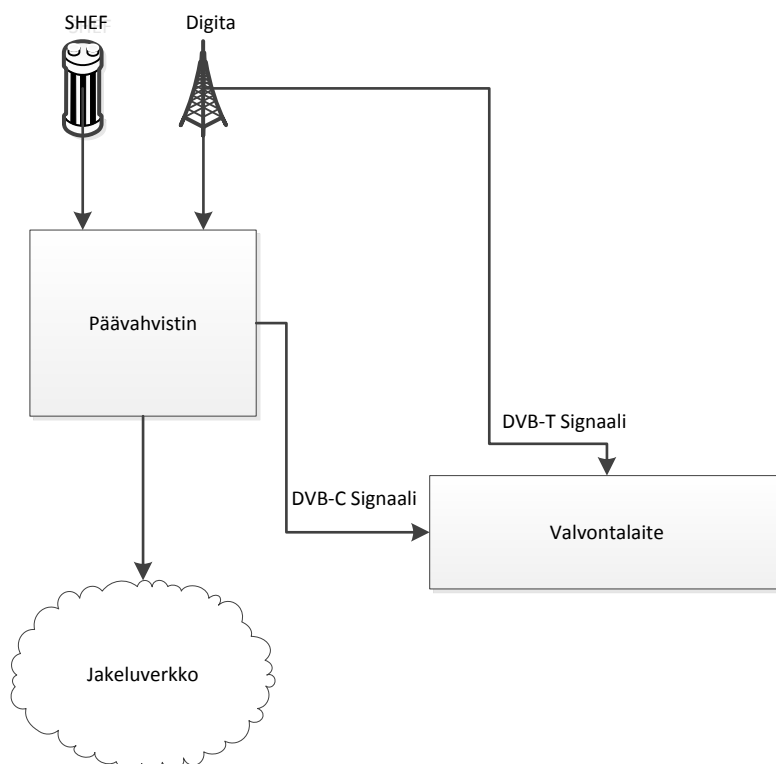
VBC-ohjelmisto on palvelimelle asennettava ohjelmisto. VBC ohjelmoidaan keräämään kaikkien eri alueille asennettujen probejen tiedot. Alueista käytetään termiä "Site". Sitejä ovat käytännössä eri operaattoriasiakkaat. VBC-ohjelmisto pitää sisällään raportointiosion, joka pystyy tekemään raportteja probelta toimitetuista tiedoista. Raportointi on pakollista vain DVB-C signaalin Must Carry -kanavista. Raportti on PDF-tiedostomuotoinen dokumentti.

5 VALVONNAN TOTEUTUS

Tässä luvussa käyn läpi työn varsinaisen toteutuksen, eli valvontalaitteen asentamisen verkkoon ja sen ohjelmoinnin. Luku on kirjoitettu ohjeistuksen tavoin, jotta yrityksen muut työntekijät voivat käyttää työtäni valvontajärjestelmään tutustumiseen.

5.1 Laitteen asennus päävahvistimeen

Työni käytännönosuus alkoi valvontalaitteen asentamisella toimeksiantajan päävahvistimeen. Kuten aikaseimmin mainuttu, laite on ”1RU (One Rack Unit)” -alusta, eli se vie vain yhden laitepaikan päävahvistimen laiteilasta. VB220 proben management-porttiin kytkettiin ethernetkaapeli. DVB-C moduuliin kytkettiin koaksiaalikaapelilla molempiin sisääntuloihin kaapeli-tv-signaali suoraan päävahvistimesta. DVB-T moduulin yhteen sisääntuloista kytkettiin niin ikään koaksiaalikaapelilla sisääntuleva signaali, mutta se on peräisin suoraan teiskon yleisradiomastolta ja näin ollen antennisignaali (Kuvio 6).



KUVIO 6: Laitteen asentaminen päävahvistimeen.

5.2 Perusasetusten ohjelmointi ja käyttöliittymä

Laiteelle on esiasennettuna sen management-porttiin IP-osoite. Hallintaan käytettävälle tietokoneelle tulee määritellä IP-osoite samasta aliverkosta kuin esiasennettu IP-osoite. Kun IP-osoite on määritetty, laitteen hallintaan päästään käsiksi verkkoselaimella syöttämällä esiasennettu IP-osoite osoiteriville. Hallintaportille vaihdettiin IP-osoite toimik-
siantajan sisäisestä aliverkosta, jotta laitteeseen ei päästä käsiksi ulkopuolelta. Laitteen ohjelmointi tapahtui siis suoraan työpaikalta tai kotoa käsin käyttäen suojattua VPN-yhteyttä.

Hallinnan käyttöliittymä on selkeä ja intuitiivinen. Hallinnassa navigoidaan välilehtien avulla, jotka sisältävät tarvittaessa lisää alavälilehtiä. Ensimmäiseksi sisäänkirjaututta-
essa avautuu Main-sivu, johon on koottuna laitteen kaikki yleistiedot sen tilasta. Käyttö-
liittymä on jaettu kolmeen osaan vaakasuunnassa. Ylimpänä navigaatiopalkki, keskellä
itse ikkunat ja alimpana lista hälytyksistä (Kuva 2).

Probe

Main Alarms Compare Mon MW RDP Ethernet ETR 290 ASI QAM1 QAM2 COFDM FSM Setup Data About

Summary

NTP/timesync ☒ Updated: 20 secs ago
Timezone: +3
Time: Apr 28 19:26:34

RDP ☐ Active: No
State: Ready

Counters and alarms Last cleared: Apr 18 21:39:57

Probe
Name: 1000 Probe
Location:
Access: Full

Resources
CPU level: 3/10 ☒
Free mem: 65M ☒
Free disk: 34M ☒

Traffic
RX data: n/a
Monitoring: 0.000

Data interface ☐ IPv4 status: Enabled (Manual)
IPv4 address: 10.10.10.50
IPv4 netmask: 255.255.0.0
IPv6 status: Disabled

Management interface ☒ IPv4 status:
IPv4 address:
IPv4 netmask:
IPv6 status: Disabled

ETH Info
Joined: 1
Unicasts: 0
Multicasts: 0
IGMP ver: 2
VLAN tag: Disabled

ETH Alarms per type
No signal: 1 ☒
CC skips: 0 ☐
MLR >= thresh: 0 ☐
IAT >= thresh: 0 ☐
RTP alarms: 0 ☐
Other alarms: 0 ☐

ETR Statistics for each interface

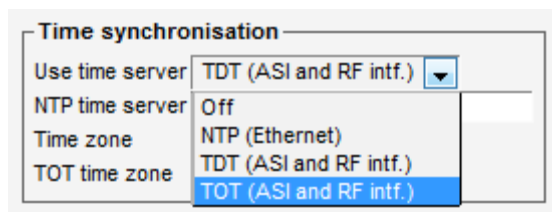
Interface	Sync	Roundtime	Tot bitr	Mon bitr	Streams	Pri1 errs	Pri2 errs	Pri3 errs	Other errs	Iface errs	RR stream
Ethernet1	<input checked="" type="checkbox"/>	15s	0 kbps	0 kbps	1	1	0	0	0	0	PBS
Ethernet2	<input type="checkbox"/>	0s	0 kbps	0 kbps	0	0	0	0	0	0	
Ethernet3	<input type="checkbox"/>	0s	0 kbps	0 kbps	0	0	0	0	0	0	
Ethernet4	<input type="checkbox"/>	0s	0 kbps	0 kbps	0	0	0	0	0	0	
ASI	<input type="checkbox"/>	0s	0 kbps	0 kbps	0	0	0	0	0	0	
QAM1	<input checked="" type="checkbox"/>	70s	44.35 Mbps	29.12 Mbps	1	1	0	1	0	0	MUX1
QAM2	<input checked="" type="checkbox"/>	1610s	1.15 Gbps	736.28 Mbps	23	11	15	21	0	0	MUX14

Alarms & events

Status	Col	Time	Type	Stream	Description
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 18 21:40:00	ETR	Ethernet: PBS	No TS sync
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:26:24	ETR	COFDM: Kanavanippu A	Pid 18 EIT: Event Information Table error
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:26:05	ETR	QAM1: MUX1	Service 2 YLE TV2: Pid 205 Subtitling: PID is missing
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:25:46	ETR	QAM1: MUX1	Service 1 YLE TV1: Pid 105 Subtitling: PID is missing
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:23:08	ETR	QAM2: MUX11	Pid 18 EIT: Event Information Table error
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:22:33	ETR	QAM2: MUX11	Service 78 C More Tennis: Pid 804 Teletext: PID is missing
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:21:22	ETR	QAM2: MUX10	Pid 1 CAT: Conditional Access Table error
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:21:22	ETR	QAM2: MUX10	Service 79 MTV3 MAX Sport 2: Pid 800 PMT: Program Map Table error
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:21:22	ETR	QAM2: MUX10	Service 54 MTV3 Komedija: Pid 500 PMT: Program Map Table error
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:21:22	ETR	QAM2: MUX10	Service 53 MTV3 Leffa: Pid 400 PMT: Program Map Table error
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:21:20	ETR	QAM2: MUX10	Service 56 MTV3 Fakta XL: Pid 700 PMT: Program Map Table error
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:21:20	ETR	QAM2: MUX10	Service 55 MTV3 Sarja: Pid 600 PMT: Program Map Table error
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:21:20	ETR	QAM2: MUX10	Service 52 MTV3 Fakta: Pid 300 PMT: Program Map Table error
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:21:20	ETR	QAM2: MUX10	Service 51 MTV3 Junior: Pid 200 PMT: Program Map Table error
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:21:20	ETR	QAM2: MUX10	Service 50 MTV3 MAX: Pid 100 PMT: Program Map Table error
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:20:13	ETR	QAM2: MUX9	Service 115 Private Spice: Pid 704 Subtitling: PID is missing
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:19:45	ETR	QAM2: MUX8	Service 133 Animal Planet: Pid 700 PMT: Program Map Table error
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:19:45	ETR	QAM2: MUX8	Service 131 Discovery Science Channel: Pid 500 PMT: Program Map Table error
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:19:45	ETR	QAM2: MUX8	Service 140 Nick Jr: Pid 300 PMT: Program Map Table error
Active	<input checked="" type="checkbox"/>	Apr 28 19:19:44	ETR	QAM2: MUX8	Pid 1 CAT: Conditional Access Table error

KUVA 2: Laitteen käyttöliittymä.

Perusasetukset laitteelle ohjelmoitiin Setup välilehdeltä. Laitteelle määriteltiin nimi, Access control -salasana sekä aika. Aika on mahdollista asettaa joko manuaalisesti tai päivittää suoraan NTP-palvelimelta, TDT-taulukosta tai TOT-taulukosta. Aika valittiin synkronoitumaan suoraan MPEG-datavirran TOT-taulukosta (Kuva 3).



KUVA 3: Aika-asetus.

5.3 Valvottavien kanavanippujen lisääminen

Kanavaniput lisätään laitteeseen tuner-moduulien asetuksista. DVB-C moduulin molemmille sisääntuloille on oma välilehtensä laitteen asetukissa nimeltä QAM1 ja QAM2. QAM1 sisääntuloon lisätään vain yksi kanavanippu ja loput kanavaniput lisätään QAM2 sisääntuloon. DVB-T moduulin asetukset löytyvät puolestaan COFDM, välilehden alta.

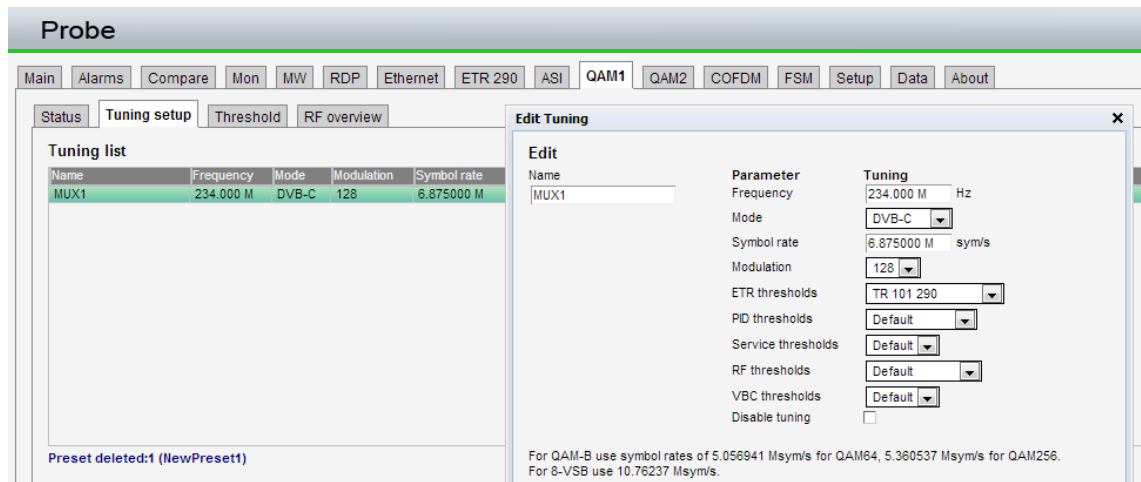
5.3.1 Must Carry -kanavat

QAM1 sisääntulo asetetaan valvomaan ainoastaan ensimmäisen kanavanipun kanavia yhtäjaksoisesti, koska se sisältää viestintäviraston määrittelemät Must Carry -kanavat lukuunottamatta FOX-kanavaa (Taulukko 1).

Kanavanippu 1	
Taajuus	234Mhz
Modulaatio	128-QAM
Symbolinopeus	6875 sym/s
TV-kanavat	YLE1, YLE2, MTV3, Nelonen, YLE Fem, Sub, YLE Teema, JIM, Harju & Pöntinen
Radiokanavat	YLE Puhe, YLE Mondo, YLE Klassinen

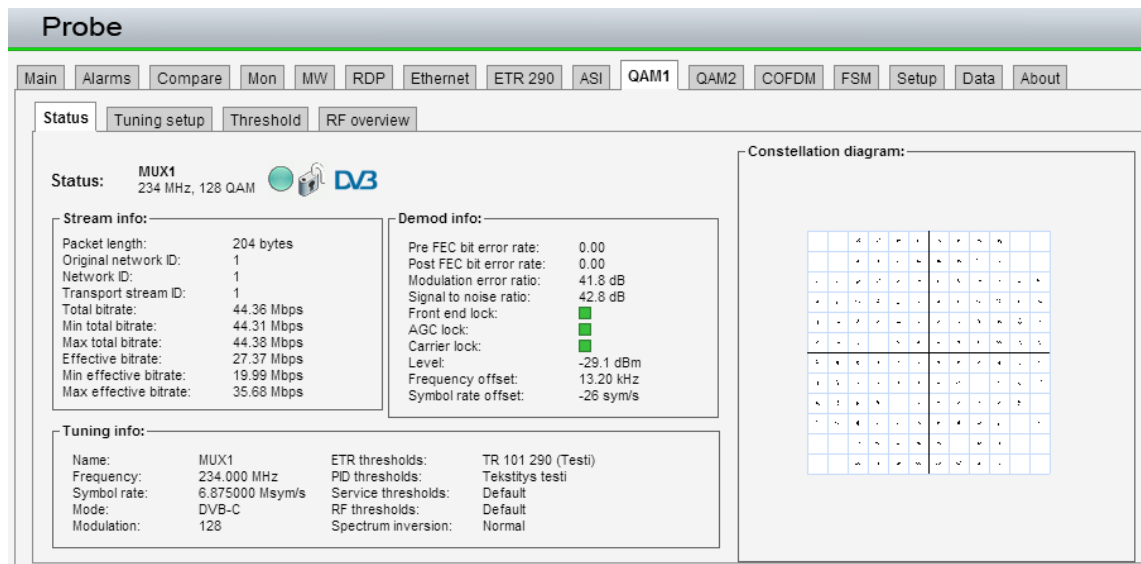
TAULUKKO 1: Kanavanippu 1.

Kanavanipun lisääminen tapahtuu valitsemalla ensin QAM1-välilehti ja sen jälkeen alasivu ”Tuning setup”. Avautuvasta ikkunasta valitaan ”Add new tuning”, jolloin au-
keaa lisäikkuna kanavanipun tietojen syöttämistä varten (Kuva 4).



KUVA 4: Kanavanipun lisääminen.

Kun kanavanipun tiedot on syötetty ja tallennettu, voi asetusten onnistumisen tarkistaa status-välilehdeltä (Kuva 5). Status-sivu näyttää nimensä mukaisesti erinäisiä kanavanipun tilaan liittyviä tietoja. Sivulta käy ilmi muun muassa kanavanipun käyttämä siirtonopeus, konstellaatio diagrammi ja SNR (Signal to Noise Ratio).

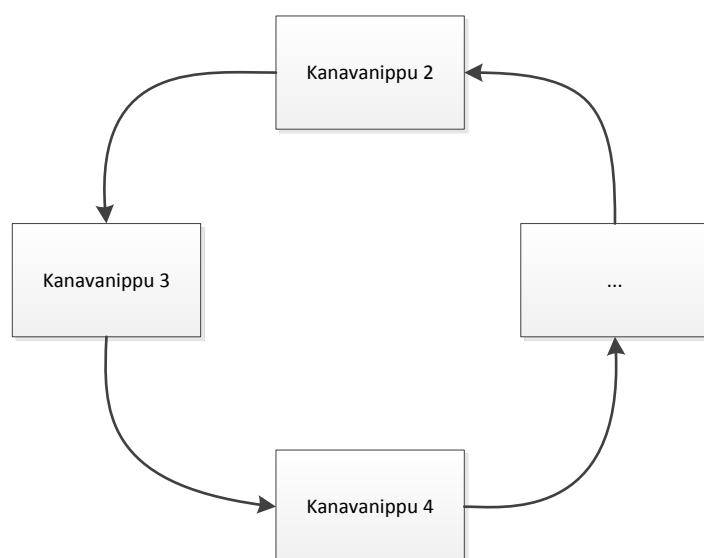


KUVA 5: Sisääntulon Status-sivu.

5.3.2 Round-robin valvottavat kanavat

QAM2-sisääntulosta valvottavaksi lisätään loput kanavaniput. Kanavanippuja on yhteensä 23, joten kaikkien niiden tietojen listaaminen ei ole viisasta. Niput jakautuvat taajuusalueelle 242-256Mhz käyttäen joko 128-QAM tai 256-QAM modulaatiota ja 6875 baudin symbolinopeutta.

ETR-analyysia suorittava ETR-engine voi lukittaa vain yhteen kanavanippuun kerrallaan. Kun sisääntulolle määritellään useampi kanavanippu, niiden valvonta suoritetaan round-robin periaatteella (Kuvio 7), missä kanavanippuja käydään läpi yksi kerrallaan tietyin väliajoin. Väliajaksi määriteltiin 70 sekuntia, jolloin kaikkien 23 kanavanipun läpikäyminen kestää laitteella noin 27 minuuttia.



KUVIO 7: Round-robin periaate

5.3.3 DVB-T referenssi

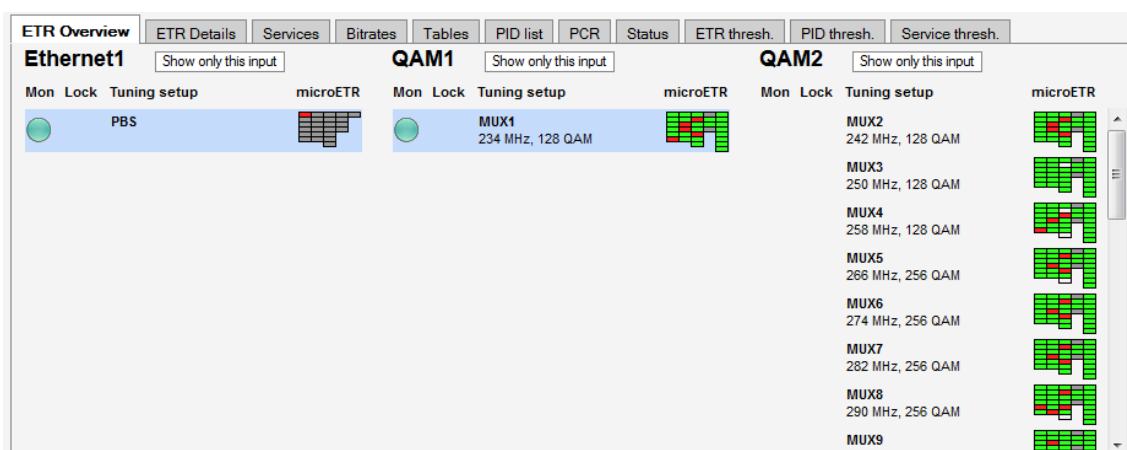
DVB-T tuner moduuli asetetaan valvomaan Digitalta yleiradiomaston kautta vastaanotettavaa antennisignaalia. Kanavaniput lisätään COFDM-välilehdeltä. COFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing) on antenniverkossa käytettävä modulointitekniikka. Lisättävät kanavaniput löytyvät Digitan sivuilta (Taulukko 2). DVB-T moduuli on hankittu siksi, että laitteella pystytään vertaamaan signaaleja ennen ja jälkeen päävahvistinta.

Kanavanippu A	
Taajuus	578Mhz
TV-kanavat	YLE1, YLE2, Yle Teema, Yle Fem, AVA, FOX
Radiokanavat	YLE Puhe, YLE Klassinen, Yle Mondo
Kanavanippu B	
Taajuus	490Mhz
Kanavat	MTV3, Liv, Nelonen, Sub, Estradi, MTV3 MAX, MTV3 Juniori, MTV3 Leffa, URHOtv

TAULUKKO 2: Kanavaniput A ja B. (Digita 2013.)

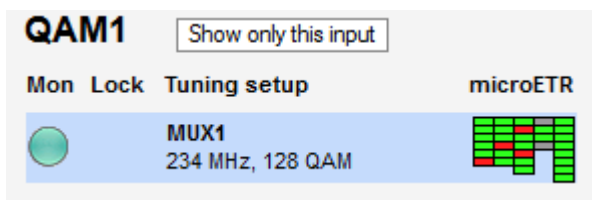
5.4 ETR -analyysi

ETR-analyysin asetuksiin ja keräämiin tietoihin päästään ETR 290 -välilehdeltä. Ensimmäisenä sivuna välilehteä klikatessa avautuu yleisnäkymä kaikista sisääntuloista (Kuva 6). Oletusasetuksilla laite näyttää myös sisääntulot jotka eivät vastaanota signaalia. Setup/ETR asetuksista, voidaan kuitenkin käydä kytkemässä valinta, joka piilottaa turhat sisääntulot, jotta näkymä olisi selkeämpi.



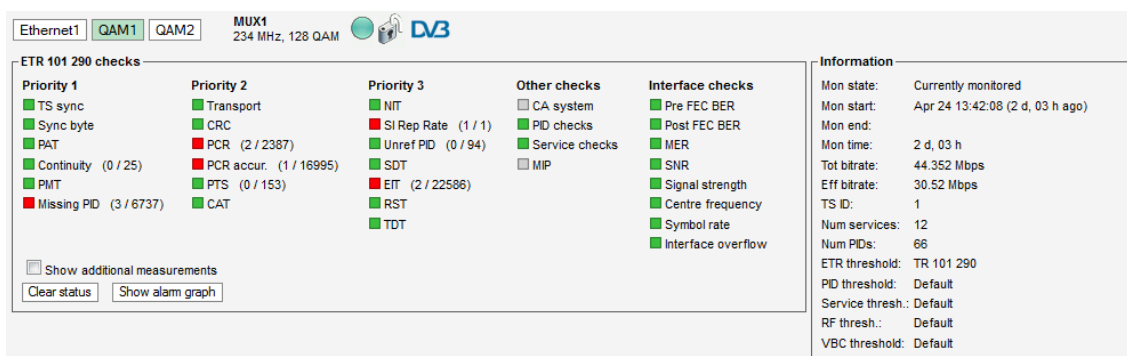
KUVA 6: ETR yleisnäkymä

Jokaisen sisääntuloille määritellyn kanavanipun kohdalla on näkyvissä microETR (Kuva 7). microETR on yleiskatsaus ETR-analyysiin, jonka avulla voidaan yhdellä silmäyksellä todeta mikä kanavanippu tarvitsee lähempää tarkastelua.



KUVA 7: microETR

Klikkaamalla kanavanippua avautuu varsinainen ETR-ikkuna (Kuva 8). ETR-analyysin valvottavat kohteet on jaoteltu pystysuunnassa niiden tärkeysasteen mukaan. Kohteen perässä oleva luku ilmaisee kuinka monta hälytystä on aktiivisena parhaillaan ja montako niitä on mittausjakson aikana kokonaisuudessaan ollut.



KUVA 8: ETR-analyysi kanavanipusta.

Lista ETR-hälytyksistä löytyy Alarms-välilehden alta (Kuva 9). Laitella pystyy jakamaan hälytykset vielä viiten eri luokkaan jotka ovat Fatal, Major, Error, Warning ja Ok. Luokat ilmenevät hälytyslistassa eri värein. Oletusasetuksilla laite määrittelee kaikille hälytyksille luokan Major, jolloin kaikki hälytykset näkyvät samalla värillä. Hälytykset päädyttiin jakamaan kolmeen eri luokkaan: Fatal, Marjor ja Error, jotta vakavat hälytykset pystytään huomaamaan heti hälytyslistasta. Lista näyttää vain 15 viimeisintä hälytystä, joten lista voi muuttua nopealla tahdilla, jos hälytyksiä ilmenee paljon. Listaa pystyy kuitenkin tarkastelemaan offline-tilassa klikkaamalla ”View list offline”, jolloin lista ei muutu.

All alarms						
Ethernet alarms						
FSM alarms						
ETR alarms						
System alarms						
Alarm setup						
#	Status	Col	Time	Type	Stream	Description
1	Active		Apr 26 17:38:47	ETR	QAM1: MUX1	Service 14 Harju & Pöntinen: Pid 901 MPEG2 Video: Program Clock Reference accuracy error
2	Active		Apr 26 17:38:41	ETR	QAM1: MUX1	Service 11 JIM: Pid 801 MPEG2 Video: Program Clock Reference accuracy error
3	Active		Apr 26 17:38:36	ETR	QAM1: MUX1	Service 5 YLE FEM: Pid 506 Subtitling: PID is missing
4	Active		Apr 26 17:38:29	ETR	QAM2: MUX6	Pid 18 EIT: Event Information Table error
5	Active		Apr 26 17:38:13	ETR	QAM1: MUX1	Service 2 YLE TV2: Pid 205 Subtitling: PID is missing
6	Active		Apr 26 17:38:05	ETR	QAM2: MUX6	Service 153 Fuel TV: Pid 801 MPEG2 Video: Program Clock Reference accuracy error
7	Active		Apr 26 17:37:57	ETR	QAM2: MUX6	Wrong repetition rate for SI tables
8	Active		Apr 26 17:37:17	ETR	QAM2: MUX5	Service 43 National Geographic SD: Pid 101 MPEG2 Video: Program Clock Reference accuracy error
9	Active		Apr 26 17:37:13	ETR	QAM2: MUX5	Service 46 Travel Channel: Pid 401 MPEG2 Video: Program Clock Reference accuracy error
10	Active		Apr 26 17:37:11	ETR	QAM2: MUX5	Service 44 Discovery Channel Finland SD: Pid 201 MPEG2 Video: Program Clock Reference accuracy error
11	Active		Apr 26 17:37:08	ETR	QAM2: MUX5	Service 143 Cartoon Network: Pid 601 MPEG2 Video: Program Clock Reference accuracy error
12	Active		Apr 26 17:37:04	ETR	QAM2: MUX5	Service 124 The Player Channel: Pid 901 MPEG2 Video: Program Clock Reference accuracy error
13	Active		Apr 26 17:36:43	ETR	QAM2: MUX5	Service 97 TCM: Pid 501 MPEG2 Video: Program Clock Reference accuracy error
14	Active		Apr 26 17:36:36	ETR	QAM2: MUX5	Service 121 Showtime SD: Pid 801 MPEG2 Video: Program Clock Reference error
15	Active		Apr 26 17:36:36	ETR	QAM2: MUX5	Service 143 Cartoon Network: Pid 601 MPEG2 Video: Program Clock Reference error

Recent items 15

View list offline Auto-refresh list Flush alarms

KUVA 9: ETR hälytysten listaus.

5.5 Raja-arvojen muokkaaminen

Oletusasetuksilla laite noudattaa tiukasti ETSI TR 101 290 ohjeistuksessa määriteltyjä valvonnan raja-arvoja. Kuten aikaisemmin mainittu, tämä kuitenkin voi aiheuttaa paljon turhia hälytyksiä riippuen verkon ominaisuuksista. Eniten turhia hälytyksiä toimeksiantajan verkossa oletusasetuksilla aiheutti PCR-mittaukset, taulukoiden interval-tiedot ja tekstitys.

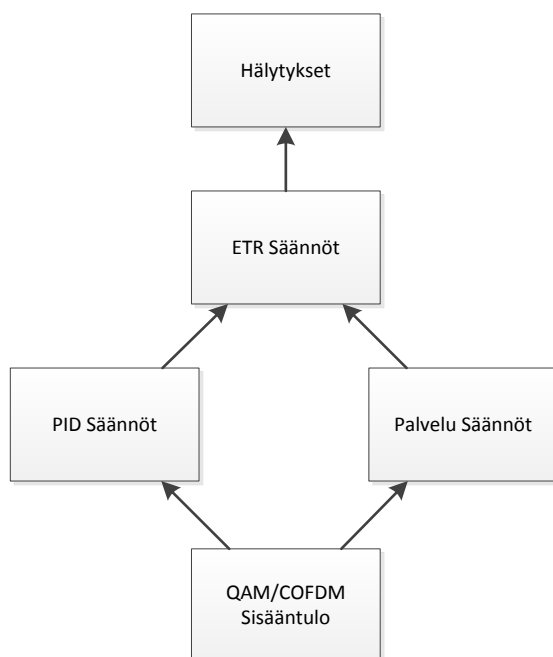
SHEF käyttää Variable Bitrate -tekniikkaa. Variable Bitrate signaalia käytetään sen kustannustehokkuuden takia, koska turhaa dataa ei siirretä. Variable Bitrate häiritsee kuitenkin PCR-mittauksia ja palveluinformaatiotaulukoiden interval-tietoja. PCR-mittauksia voidaan kuitenkin tehdä, koska päävahvistin täyttää datavirran null paketeilla, mutta PCR on silti todella dynaaminen ja voi vaihdella hetkellisesti yli ennalta määriteltyjen raja-arvojen ilman että kyseessä olisi vakava ongelma. Ratkaisuksi tähän ongelmaan päätettiin löysentää raja-arvoja joiden mukaan laite luo hälytyksen. Laite jätettiin monitoroimaan signaalia oletusasetuksilla muutamaksi päiväksi jonka jälkeen voitiin tarkastella kuinka korkealla arvot todellisuudessa käyvät. Näiden tietojen pohjalta asetettiin uudet raja-arvot, jotta hälytyslista ei täyty turhista hälytyksistä, mutta nähdään kuitenkin jos arvot ylittyvät todella merkittävästi.

ETR-analyysin muokkaaminen tapahtuu ETR 290/ETR Thresholds valikon kautta. Laitteeseen on esiasennettuna kuusi valvonnan asetusta. Näistä olennaisin ja tässä tapauksessa käytettävä on suoraan ETSI TR 101 290 pohjautuva asetus. Esiasetukset ovat suojattu muokkaukselta, joten niiden raja-arvoja ei päästä suoraan muuttamaan. Esiasetus saadaan kopioitua muokkaamista varten valitsemalla ”Duplicate selected”, jolloin laite

luo kopion valitusta asetuksesta. Muokkaamaan uutta asetusta päästään valitsemalla sen kohdalta ”Edit”. Kerättyjen tietojen perusteella PCR accuracyn raja-arvoa nostettiin 500 nanosekunnista 3000 nanosekuntiin ja PCR interval 40 millisekunnista 80 millisekuntiin. Mittausajanjakson aikana huomattiin myös, että taulukoiden interval-tiedot aiheuttavat paljon turhia hälytyksiä. Erityisesti EIT-tilukko aiheutti suuren määrän jatkuvuus-hälytyksiä, koska se pitää sisällään paljon nopeasti muuttuvaa dataa. Palveluinformaatiotaulukoiden lähetysvälin minimi 25 millisekuntia laskettiin viiteen millisekuntiin ja maksimi kaksi sekuntia nostettiin kolmeen sekuntiin. Uusi muokattu ETR-analyysi tulee vielä ottaa käyttöön halutuille kanavanipuille. Kanavanipun asetuksia päästään muokkaamaan kunkin sisääntulon ”Tuning setup” -välilehden kautta. Valitaan haluttu kanavanippu ja klikataan ”Edit”. Avautuvasta ikkunasta valitaan ”ETR Threshold” -kohtaan muokattu ETR-analyysi ja uudet raja-arvot astuvat voimaan.

Suuren määrän turhia hälytyksiä aiheuttaa myös tekstitys. Laite antaa hälytyksen puuttuvasta PID:stä, kun tekstitystä ei ole saatavilla. Tämä voi kuitenkin johtua yksinkertaisesti siitä, että lähetettävä ohjelma on suomenkielinen tai menossa on mainoskatko. Tässä tapauksessa paras vaihtoehto olisi vertailupiste johon verrata kuuluuko lähetykseen todella tekstitys, mutta se ei ole laitteella mahdollista. Ratkaisuksi päädyttiin kytkemään tekstitystä lähettävien PID:n valvonta oletuksena pois päältä. Jos epäillään, että tekstityksen lähetyksessä ilmenee oikeasti ongelma, saadaan tekstityksen valvonta kytkettyä helposti takaisin päälle.

ETR-analyysin PID valvonnassa ei ole erikseen määritelty minkä tyyppistä dataa tietty PID lähettää, vaan se tarkistaa ainoastaan vastaanotetaanko kyseisellä PID:llä paketteja. Tämän takia samanlainen menettely kuin PCR-mittauksien ja palveluinformaatiotaulukoiden interval-tietojen kanssa ei onnistu, koska se poistaisi valvonnan kaikilta PID:ltä. Laitteelle voidaan luoda sääntöjä kolmelle tasolle jotka ovat ETR, PID ja palvelu. Sääntöt nitoutuvat yhteen hierarkisessa järjestyksessä (Kuvio 8).



KUVIO 8: Sääntöjen rakenne.

Tekstitystä varten laitteelle täytyy määritellä erillinen PID Threshold sääntö, joka määrittellään sivuttamaan PID-tarkistus vain tekstitykselle tarkoitetuille PID:lle. PID-säännön luominen tapahtuu ETR 290/PID Threshold valikon kautta. Avautuvasta ikkunasta valitaan ”Add new threshold group”. Näytölle avautuu uusi ikkuna josta päästään luomaan PID-sääntöjä. Klikataan ”Add pid” -painiketta. Lista ilmestyy uusi sääntö. ”Selection” -kohdan pudotusvalikosta voidaan valita minkä tyyppistä PID:tä halutaan säännön koskevan. Tässä tapauksessa valitaan ”Subtitling”. Seuraavaksi valitaan mitä valitulle PID-tyypille halutaan säännön mukaan tehtävän. Valitaan ”Ignore missing” -kohdan pudotusvalikosta vaihtoehto ”Always”. Sääntö on valmis, mutta se täytyy vielä ottaa käyttöön. Käyttöönotto tapahtuu samalla tavalla kuin uuden ETR-analyysin tapauksessa.

Vertailu hälytyksistä ennen ja jälkeen sääntömuutosten (Kuvat 10 ja 11):

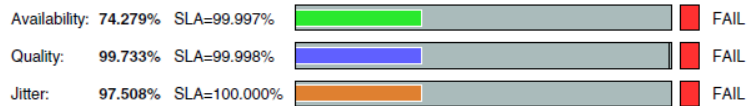
#	Status	Col	Time	Type	Stream	Description
1	Active	■	Apr 28 20:02:27	ETR	QAM2: MUX2	Service 8 LIV: Pid 2702 PMT: Program Map Table error
2	Active	■	Apr 28 20:02:26	ETR	QAM2: MUX2	Pid 18 EIT: Event Information Table error
3	Active	■	Apr 28 20:02:26	ETR	QAM2: MUX2	Service 40 Deutsche Welle: Pid 601 MPEG2 Video: Program Clock Reference accuracy error
4	Active	■	Apr 28 20:02:26	ETR	QAM2: MUX2	Service 42 MTV Music Finland: Pid 800 PMT: Program Map Table error
5	Active	■	Apr 28 20:02:25	ETR	QAM2: MUX2	Service 8 LIV: Pid 2700 MPEG2 Video: Program Clock Reference error
6	Active	■	Apr 28 20:02:24	ETR	QAM2: MUX2	Service 41 TV5 Monde: Pid 700 PMT: Program Map Table error
7	Active	■	Apr 28 20:02:24	ETR	QAM2: MUX2	Service 10 Kutonen: Pid 200 PMT: Program Map Table error
8	Active	■	Apr 28 20:02:23	ETR	QAM2: MUX2	Wrong repetition rate for SI tables
9	Active	■	Apr 28 20:02:23	ETR	QAM2: MUX2	Service 40 Deutsche Welle: Pid 601 MPEG2 Video: Program Clock Reference error
10	Active	■	Apr 28 20:02:23	ETR	QAM2: MUX2	Service 10 Kutonen: Pid 201 MPEG2 Video: Program Clock Reference error
11	Active	■	Apr 28 20:01:00	ETR	QAM1: MUX1	Service 5 YLE FEM: Pid 506 Subtitling: PID is missing
12	Active	■	Apr 28 20:00:50	ETR	QAM1: MUX1	Service 7 YLE Teema: Pid 705 Subtitling: PID is missing
13	Active	■	Apr 28 20:00:48	ETR	QAM1: MUX1	Service 1 YLE TV1: Pid 105 Subtitling: PID is missing
14	Active	■	Apr 24 13:42:08	ETR	QAM1: MUX1	Service 3 MTV3: Pid 305 Subtitling: PID is missing
15	Active	■	Apr 24 13:42:07	ETR	QAM1: MUX1	Pid 18 EIT: Event Information Table error

Recent items 15

KUVA 10: Hälytykset ennen sääntömuutoksia.

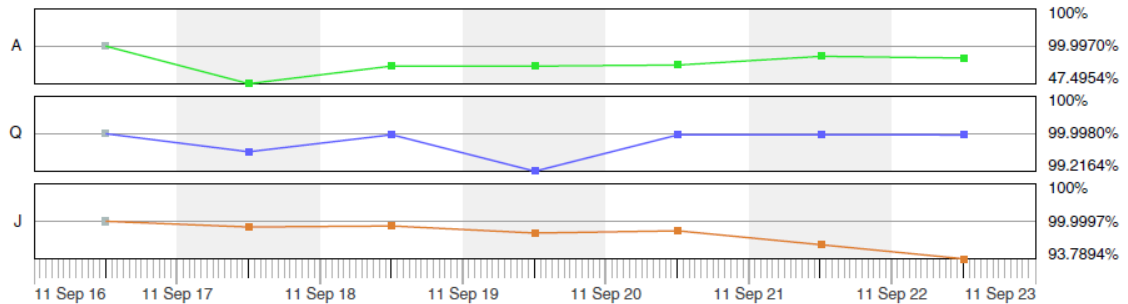
SLA all streams in report

A, Q and J averaged for all streams in report. SLA is indicated as a line in the graph and max graph-value is 100%.



Trending for all streams in report

A, Q and J averaged for each interval for all streams and plotted. SLA is middle value.



SLA thresholds

These threshold percentages were specified when report was generated

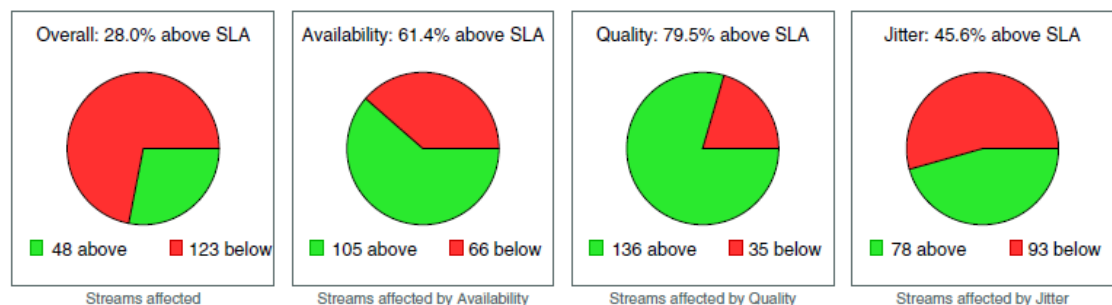
Parameter	%	Corresponding ES for 7 days	Corresponding ES for 1 day
Availability	99.9970	18s	2.5s
Quality	99.9980	12s	1.7s
Jitter	99.9997	1s	0.1s

KUVA 12: Saatavuus, laatu ja värinä raportointi

Raporttiin sisällytetään myös piirakkadiagrammi siitä, kuinka monta palvelua pysyi vaatimustason yläpuolella ja montako sen alitti (Kuva 13).

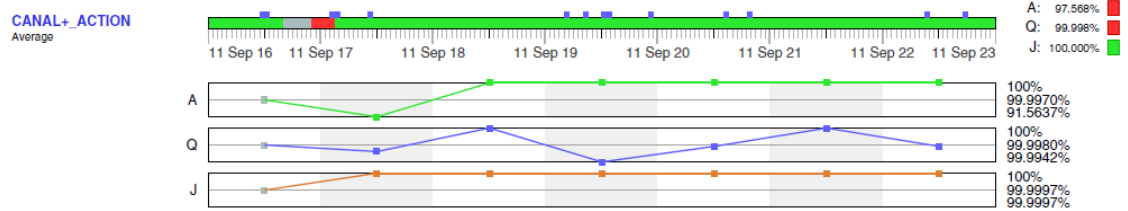
Streams above and below SLA thresholds

The error-seconds are summed for each stream and compared against SLA



KUVA 13: Yli ja alle SLA:n jääneiden palvelujen kuvaaja.

Jokaisesta jakeluverkon palvelusta luodaan myös kanavakohtainen raporttinsa, josta ilmenee samat tiedot kuin yleisestä keskiarvosta luodusta raportista. (Kuva 14).



KUVA 14: Kanavakohtainen raportti.

Vaatimustason Must Carry -kanaville määrittelee Viestintäviraston määräys 58. Määräyksellä mitataan ja varmistetaan viestintäverkkojen ja -palvelujen toimintavarmuutta, suorituskkyä ja laatua. Määräyksen mukaan superpäävahvistimella, eli SHEF:llä käytettävyys on oltava kuuden kuukauden liukuvana keskiarvona 99,5%, ja muilla päävahvistimilla, eli toimeksiantajalla 98,5%. (Viestintävirasto 2013c.)

6 POHDINTA

Opinnoissani tietoverkkotekniikassa olen lähinnä käsitellyt TCP/IP -verkkoja, joten kaapeli-tv:n siirtotapa oli entuudestaan vieras. Työhön valmistautuessa ja työtä tehdessä tietämykseni kasvoi runsaasti ja digitaalisten televisiolähetysten siirtoon liittyvät standardit ja menetelmät tulivat tutuiksi. Luotettavan ja hyödyllisen tiedon lähteen tarjosivat kaikille saatavilla olevat standardit. Työn teko opetti myös paljon työelämässä itsenäisesti toimimista, koska työn tekeminen tapahtui yksin.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää toimeksiantajan kaapeli-tv-palvelua valvonnan ja raportoinnin avulla. Tavoitteessa onnistuttiin ja toimeksiantajan kaapeli-tv-verkossa on nyt jatkuva suunnitelman mukainen signaalin monitorointi ja raportointi SHEF:lle. Valvontaa tullaan vielä jatkokehittämään muutamallakin eri osa-alueella. Laitteen pidemmällä aikaväliltä keräämää dataa analysoimalla voidaan vielä tarkemmin rajata hälytysten raja-arvoja. Lisäksi laitteeseen tullaan kytkemään SHEF:ltä saapuva IP-tason signaali, mikä toimii referenssi pisteenä muillekin, kuin Must Carry -kanaville ja voi mahdollisesti sallia vertailupisteen käytön tekstityksen valvonnassa. Aikataulun ja varsinaisten työtehtävien takia näille muutoksille ei kuitenkaan nyt jäänyt aikaa. Jokainen projekti on kuitenkin saatettava jossakin välissä päätökseen, koska aina löytyy jotain lisättävää tai kehitettävää.

Alustavasti käydyn keskustelun mukaan tulen tekemään saman valvontajärjestelmän toteuttamisen myös toiselle Finnet-liiton jäsenyhtiölle. Tämä kertoo siitä, että työn lopputulos on miellyttänyt toimeksiantajaa. Työtä tehdessä tiedonjano kaapeli-tv:tä kohtaan kasvoikin paljon ja on mielenkiintoista nähdä, kuinka samankaltainen työ sujuu nyt, verrattuna siihen kun aloitti käytännössä olemattomalta tietotasolta.

Työtä tehdessä tarkasti määriteltyjen standardien mukaan, opin, että kaikki täydelliseksi suunniteltu ei aina kuitenkaan toteudu. Erityisesti se heijastui tässä työssä PCR- ja SI-taulukoiden mittauksissa. Kaapeli-tv-verkkoja on luultavasti yhtä monta erilaista kuin niitä on olemassakin johtuen käytettävistä verkon aktiivilaitteista ja siirtoteistä. On lähes mahdotonta määritellä tiukka kaikille yhtäläinen standardi.

LÄHTEET

Anvia. 2013. Kaapelitelevisiosta vauhtia, viihdettä, asiaa ja elämyksiä. Luettu 19.3.2013.

<http://www.anvia.fi/fi-FI/Yksityisille/Televisio/kaapeli-tv>

Digita Oy. 2013. Kanavaniput A ja B. Luettu 25.3.2013.

http://www.digita.fi/files/704/Kanavaniput_A_ja_B.pdf

DVB. 2013. About DVB. Luettu 19.3.2013.

http://dvb.org/about_dvb/index.xml

ETSI. 2004. Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for cable systems. Tulostettu 25.3.2013.

http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300400_300499/300429/01.02.01_60/en_300429v010201p.pdf

ETSI. 2005. Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems. Tulostettu 25.3.2013.

http://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/101200_101299/101290/01.02.01_60/tr_101290v010201p.pdf

ETSI. 2012a. Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications based on the MPEG-2 Transport Stream. Tulostettu 25.3.2013.

http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/101100_101199/101154/01.11.01_60/ts_101154v011101p.pdf

ETSI. 2012b. Digital Video Broadcasting (DVB); Specification for Service Information (SI) in DVB systems. Tulostettu 25.3.2013.

http://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300400_300499/300468/01.13.01_60/en_300468v011301p.pdf

Lumotv. 2013. Peruskanavat. Luettu 19.3.2013.

<http://www.lumotv.fi/fi/kanavatjapaketit/peruskanavat>

Tampereen Puhelin Oy. 2013. Kaapeli-TV. Luettu 19.3.2013.

<https://www.tampereenpuhelin.fi/taloyhtiaille/tv-ja-viihde/kaapeli-tv/taloyhtiaille>

Viestintävirasto. 2012. Määräys 58 viestintäverkkojen ja -palvelujen laadusta ja yleis-palvelusta. Luettu 20.4.2013.

<https://www.viestintavirasto.fi/attachments/maaraykset/Viestintavirasto58A2012M.pdf>

Viestintävirasto. 2013a. Tilastoja televisioliittymien määrästä. Luettu 19.3.2013.

<https://www.viestintavirasto.fi/tietoatoimialasta/tilastot/televisio.html>

Viestintävirasto. 2013b. Velvollisuus ohjelmistojen ja palvelujen siirtämiseen (must carry). Luettu 29.3.2013.

<https://www.viestintavirasto.fi/tvradio/jakelujavastaaanotto/Kaapeli-tv/mustcarryelisiirtovelvoite.html>